

# Atom- és kvantumfizika gyakorlat

1. zárthelyi dolgozat feladatai

2013. november 5.

Jó tanácsok:

1. Figyelmesen olvassuk el a feladat szövegét!
2. Ha egy paraméterektől független határozott integrált nem tudunk kiszámítani, haladjunk tovább, az integrál értékét elnevezve valaminek!
3. Gondoljuk végig, hogy kell-e relativisztikus képleteket használni!

\*\*\*

1. Szokásos esetben az ideális gázban (pl. levegőben) a részecskék átlagos távolsága (ez a sűrűség alapján becsülhető) jóval nagyobb, mint a részecskék átlagos impulzusának megfelelő hullámhossz, de ez nyilván egyre kevésbé igaz, ahogy csökkentjük a hőmérsékletet. Ha már nem teljesül ez a feltétel, a gáz nem tekinthető Boltzmann-féle gáznak, hanem kvantummechanikai hatások lépnek előtérbe.

Vizsgáljuk a fémek vezetési elektronjait! Ezek úgy tekinthetők, mintha kölcsönhatásmentes gázt alkotnának<sup>1</sup>. Tekintsük példaként a rezet (átlagos atomsúlya 63,5 g/mol, sűrűsége 9 g/cm<sup>3</sup>)! Tegyük fel, hogy atomonként egy vezetési elektron van. Becsüljük meg a vezetési elektronok gázának az előbbieket alapján definiálható „elfajulási hőmérsékletét”, ami alatt már nem Boltzmann-gáz a vezetési elektronok gáza! Hogyan viszonyul ez a hőmérséklet a szobahőmérséklethez?

2. Egy  $\lambda$  hullámhosszú hullámmal való vizsgálattal kb.  $2\lambda$  távolságot tudunk „feloldani”: ha két objektum ennél közelebb van egymáshoz, akkor már nem látjuk őket külön pontoknak.

A proton és a neutron nem elemi részecskék, hanem *kvarkokból* állnak, amiket nagyenergiájú elektronok protonokon való szórásával lehetett kimutatni. Becsüljük meg, hogy legalább mekkora energiájú elektronokra van szükség ahhoz, hogy „meglássuk” a proton belsejében a kvarkokat? Mekkora ezen elektronok impulzusa, sebessége? A protonok mérete kb.  $10^{-15}$  m.

3.  $E = 230$  keV energiájú neutronok szóródását vizsgáljuk berilliumatommagokon (a berilliumfém sűrűsége 1,85 g/cm<sup>3</sup>, tömegszáma  $A = 9$ ). A céltárgyunk vastagsága  $d = 0,5$  mm, a hatáskeresztmetszet ilyen neutronenergiánál kb. a következő alakú:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \alpha + \beta \cos^2 \theta.$$

Másodpercenként  $10^{10}$  neutron érkezik a céltárgyra,  $3 \text{ cm}^2$  felületű detektorunkat a a céltárgytól 1 m-re helyezük el, és különböző szórási szögekhez forgathatjuk.  $\vartheta = 60^\circ$ -nál másodpercenként 487 beütést,  $\vartheta = 90^\circ$ -nál pedig 493 beütést mérünk. Mennyi ez alapján az  $\alpha$  és  $\beta$  állandók értéke? Mennyi a teljes szórási hatáskeresztmetszet?

4. Vizsgáljuk egy  $m$  tömegű részecske egydimenziós mozgását a  $V(x) = \alpha x^6$  potenciálban, ahol  $\alpha$  egy J/m<sup>6</sup> dimenziójú állandó! A Sommerfeld-féle kvantumfeltétel alapján mik a lehetséges energiaszintek?

Nagy Márton

---

<sup>1</sup> Ez nem magától értetődő, hiszen teljes joggal gondolnánk, hogy az elektronok Coulomb-erővel taszítják egymást, de most fogadjuk el, hogy a vezetési elektronokra ezt sokszor nem kell figyelembe venni!